

17. 9. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 11 NOV 2004

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 1 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 2 3 5 3 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 2 3 5 3 4]

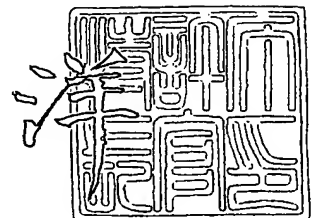
出 願 人 浜 松 ホ ト ニ ク ス 株 式 会 社
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 2 8 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

0101



【書類名】 特許願
【整理番号】 2003-0472
【提出日】 平成15年 9月16日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01J 35/00
H01J 35/18

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 松村 達也

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 岡田 知幸

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 山本 徹

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 高岡 秀嗣

【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
内
【氏名】 遠藤 哲朗

【特許出願人】
【識別番号】 000236436
【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社

【代理人】
【識別番号】 100088155
【弁理士】
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】
【識別番号】 100092657
【弁理士】
【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】
【識別番号】 100124291
【弁理士】
【氏名又は名称】 石田 悟

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 014708
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

透過窓を介して X 線を出射する X 線管であって、
前記透過窓を規定するための開口が設けられた密閉容器と、
前記密閉容器内に配置された、電子を放出するための電子源と、
前記密閉容器内に配置された、前記電子源から放出された電子を受けて X 線を発生する X 線ターゲットと、
前記密閉容器の開口を覆った状態で、該開口を規定する該密閉容器の一部に直接貼り付けられた、前記透過窓を構成するシリコン箔とを備えた X 線管。

【請求項 2】

前記シリコン箔は、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下の膜厚を有することを特徴とする請求項 1 記載の X 線管。

【請求項 3】

前記シリコン箔は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の膜厚を有することを特徴とする請求項 2 記載の X 線管。

【請求項 4】

前記 X 線ターゲットは、前記密閉容器内に面する側の前記シリコン箔の面上に蒸着されていることを特徴とする請求項 1 記載の X 線管。

【請求項 5】

前記密閉容器の開口は、前記透過窓を複数の区画に分割するようメッシュ構造を有することを特徴とする請求項 1 記載の X 線管。

【請求項 6】

前記密閉容器の開口は、それぞれが前記透過窓に相当する複数の貫通孔からなることを特徴とする請求項 1 記載の X 線管。

【書類名】明細書

【発明の名称】X線管

【技術分野】

【0001】

この発明は、X線を出射するX線管に関し、特に、空気あるいはガス中にX線を照射してイオンガスを生成する除電装置等に適した構造を有するX線管に関するものである。

【背景技術】

【0002】

帯電した被除電体をイオン化したガス流により除電する処理が従来から行われている。このような除電処理に利用されるイオンガスは、空気あるいはガス中にX線を照射することにより生成される。また、X線を出射するX線管においては、X線をX線管外に取り出すための透過窓に使用される透過窓材として、X線透過率に優れたベリリウムが採用されたX線管が知られており（特許文献1）、このようなX線管が除電装置等に組み込まれる。

【特許文献1】特許第2951477号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

発明者らは、従来のX線管について詳細に検討した結果、以下のような課題を発見した。すなわち、従来のX線管では、透過窓材としてX線透過率に優れたベリリウムが採用されていた。このベリリウムは、特定化学物質に指定されている有害な物質である。したがって、使用環境への悪影響を低減すべく、ライフエンドにおける製品廃棄の際にも管球の回収義務が製造元に課せられていた。ただし、X線管の透過窓材としてベリリウムの使用を止めれば対環境性に関する課題は解消するが、現実には、真空気密が維持可能な厚みでX線透過率に優れた材質として適切な材料は無く、仕方なくベリリウムを利用しなければならないという状況であった。

【0004】

また、従来のベリリウム製透過窓は、特に1～2keV程度の低いエネルギーのX線を選択的に効率よく取り出すことが難しく、より高いエネルギーのX線も放出されやすいので、除電装置等に使用された場合、人体に対して影響があり得るという課題があった。

【0005】

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、有害なベリリウムを使用する必要がなく、かつ人体に対して安全性の高いX線が効率よく取り出せる構造を備えたX線管を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明に係るX線管は、透過窓を介してX線を出射するX線管であって、特に空気あるいはガス中にX線を照射してイオンガスを生成する除電装置等に適した構造を備える。具体的に、この発明に係るX線管は、密閉容器と、電子源と、X線ターゲットと、シリコン箔を、少なくとも備える。上記密閉容器は、透過窓を規定するための開口を備える。上記電子源は、密閉容器内に配置されており、X線ターゲットに向けて電子を放出する。上記X線ターゲットは、電子源から放出された電子を受けてX線を発生する。

【0007】

特に、この発明に係るX線管において、上記シリコン箔は、密閉容器の開口を覆った状態で、該開口を規定する該密閉容器の一部に直接貼り付けられている。ここで、上記シリコン箔は、所望のエネルギーのX線を得るため、 $30\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $10\mu\text{m}$ 以下の膜厚を有するが、このシリコン箔自体は非常にフレキシブルな材料である。そこで、この発明に係るX線管では、開口を規定する密閉容器の一部にシリコン箔を直接貼り付けることにより、該密閉容器の一部を該シリコン箔の補強部材として機能させる一方、該シリコン箔が密閉容器の一部として機能し、密閉容器の真空気密を維持する。例えば、シリコ

ン箔を従来のようにロウ材を介して密閉容器に接着した場合、ロウ材表面の凹凸の影響等により該シリコン箔自体にクラックが生じ、透過窓として機能し得ない場合がある。また、クラックが発生しなくともシリコン箔に歪みが生じていると、十分な耐久性が得られない。そこで、この発明では、シリコン箔を密閉容器に直接貼り付けることにより（シリコン箔と密閉容器とが直接接触した状態）、シリコン箔の透過窓として機能する領域全体に均等な張力が与えられるよう、該密閉容器を補強部材として機能させる。これにより、当該X線管には十分な耐久性が与えられる。

【0008】

なお、最近の半導体技術の向上により、厚みが $3\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 程度の極薄シリコン箔が比較的安価に製造されるようになってきた。図1は、シリコンとベリリウムのX線透過特性を示すグラフであり、グラフG110は厚み $500\mu\text{m}$ のベリリウムのX線透過率、そして、グラフG120は厚み $10\mu\text{m}$ のシリコンのX線透過率をそれぞれ示している。この図から分かるように、シリコン箔の厚みを約 $10\mu\text{m}$ まで薄くすれば、従来主に利用されてきた厚み $500\mu\text{m}$ のベリリウムとほぼ同程度のX線透過率を得ることができる。一方、シリコン箔は厚みが $3\mu\text{m}$ 以上あれば真空密閉容器の封止を兼ねたX線透過窓として使用可能であり（真空密閉容器の一部として現状では十分な強度が得られる）、この場合、そのX線透過率において厚み約 $200\mu\text{m}$ のベリリウムに相当する透過窓材となり得る。ここで注目すべき点は、シリコン箔の厚みを $30\mu\text{m}$ 以下に薄くした場合、シリコン元素固有のX線吸収特性（K吸収端）である 1.84keV 以下の極軟X線が効率よく出射されることである。これは、ベリリウムには無い特長であって、このようなシリコンが透過窓材として適用されたX線管が除電用途に利用された場合、特許文献1にも開示されているように出射されたX線が 10cm 程度で空気に吸収されてしまうため、人体に対して安全性の高いX線を非常に効率良く取り出すことができる。

【0009】

さらに、この発明に係るX線管は、透過型及び反射型のいずれの構造を備えてもよい。透過型X線管の場合、上記X線ターゲットは、当該X線管の小型化を可能にするため、密閉容器内に面する側のシリコン箔の面上に蒸着されるのが好ましい。

【0010】

上記シリコン箔は、厚みが $30\mu\text{m}$ 以下と非常に薄いので、上記密閉容器に設けられた開口の面積が大き過ぎるとクラックが生じる可能性がある。そこで、このシリコン箔で覆う領域を予め個々の面積の小さな複数の区画に分割した構造にすることにより、実質的に大面積の透過窓を構成することができる。具体的には、上記密閉容器の開口は、透過窓を複数の区画に分割するようメッシュ構造を備えてもよく、また、上記密閉容器の開口は、それぞれが透過窓に相当する複数の貫通孔でもよい。

【発明の効果】

【0011】

以上のようにこの発明によれば、X線管の透過窓材として従来から利用されてきたベリリウムに換え、所定の厚みを有するシリコン箔を利用することにより、特定化学物質に指定されている有害なベリリウムを利用することなく、かつ人体に安全性の高いX線を効率よく取り出すことが可能なX線管が得られる。また、シリコン箔を利用することにより従来よりも低価格のX線管が製造し得る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、この発明に係るX線管の各実施形態を、図2～図10を用いて詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一符号を付して重複する説明を省略する。また、以下の説明では、先に説明した図1も随時引用する。

【0013】

（第1実施形態）

まず、この発明に係るX線管における第1実施形態について説明する。図2は、この発明に係るX線管における第1実施形態として、透過型X線管の構成を示す組立工程図であ

る。また、図3は、図2中のI-I線に沿った第1実施形態に係る透過型X線管100の断面構造を示す図である。

【0014】

この第1実施形態に係るX線管100は、開口102を有する容器本体（ガラス容器）101と、該開口102に取り付けられる金属フランジ120を備える。この金属フランジ120の窪み中央には、透過窓を規定するための開口121が設けられるとともに、該金属フランジ120の窪み周辺には金属リング130がはめ込まれている。さらに、金属フランジ120の窪みには、軸AXに沿って該金属フランジ120に近接する順に、シリコン箔140、ロウ材150（厚み100 μ m程度）、押さえ電極160（厚み100 μ m程度）が配置されている。なお、ロウ材150と押さえ電極160には、透過窓となるシリコン箔140の一部を露出させるための開口151、161がそれぞれ設けられている。

【0015】

この第1実施形態において、シリコン箔140は該開口121を塞ぐように該金属フランジ120にロウ付けにより直接接触した状態で貼り付けられており、上記容器本体101、上記金属フランジ120及び上記シリコン箔140により真空密閉容器が構成されている。

【0016】

上記容器本体101には、上記容器本体101、上記金属フランジ120及び上記シリコン箔140により構成された密閉容器を真空引きして、真空密閉容器にするためのバルブ104が設けられており、当該容器本体101内には、電子源110、集束電極111、ガス吸着材112が配置されている。また、容器本体101の底部103には、これら部材に所定電圧を印加させるとともに、該容器本体101内の所定位置に保持するため、該底部103を貫通したステムピン113が配置されている。

【0017】

なお、金属フランジ120に貼り付けられたシリコン箔140の、真空密閉容器内に面する側の面、より詳しくは、シリコン箔140の、開口121を実質的に覆っている部分の真空容器内に面する側の面には、X線ターゲット141が蒸着されている。よって、金属フランジ120、シリコン箔140、X線ターゲット141は同電位となる。例えば、この第1実施形態に係るX線管が、X線ターゲット141側をGND電位にして使用される場合、金属フランジ120又はシリコン箔140は導電性部材を介して接地されればよい。また、電子源110は、従来のフィラメント等の熱陰極型電子源に限らず、当該X線管自体を小型化する場合にはカーボンナノチューブ電子源等の冷陰極型電子源も適用可能である。

【0018】

この第1実施形態に係る透過型X線管100に適用されるシリコン箔140は、30 μ m以下、好ましくは10 μ m以下の厚みを有する。このように、シリコン箔140は、非常に薄いので、密閉容器に設けられた開口（第1実施形態では、金属フランジ120の開口121に相当）の面積が大き過ぎるとクラックが生じてしまう可能性がある。具体的には、直径10mm以上の大面積の透過窓を一枚のシリコン箔で気密封止させる場合には、密閉容器内外での差圧により該シリコン箔が曲がり、クラックが入ってしまうおそれがある。これは、シリコン箔自体の強度不足によるものである。そこで、金属フランジ120の開口121は、図4に示されたように、透過窓を複数の区画に予め分割させる構造であるのが好ましい。例えば、図4（a）に示されたように、金属フランジ120の開口121を、透過窓を複数の区画に分割するようメッシュ構造にしても、また、図4（b）に示されたように、それぞれが透過窓に相当する複数の貫通孔で構成してもよい。

【0019】

例えば、開口121の内部に2mmピッチの窓材支持台をメッシュ状に取り付ければ大面積のシリコン箔140が利用できる。除電用途などに対しては、このような構造でも全く問題が無いためシリコン箔の大面積化が可能である。また、透過窓を規定する開口の構

造を図4に示されたようにすることにより、ロウ材による封止、陽極接合による封止のいずれも適用可能である。ただし、陽極接合は、シリコン箔を固定する基板がアルカリを含有するガラスの場合に適用可能であるが、陽極接合技術を用いた方がメッシュ状支持枠とも強固に接合されるため、より強い真空封止が可能になる。

【0020】

次に、厚みの異なるシリコン箔の各X線透過特性を図5に示す。この図5において、グラフG510は厚み $3\mu\text{m}$ のシリコン箔のX線透過率、グラフG520は厚み $10\mu\text{m}$ のシリコン箔のX線透過率、グラフG530は厚み $20\mu\text{m}$ のシリコン箔のX線透過率、そして、グラフG540は厚み $30\mu\text{m}$ のシリコン箔のX線透過率をそれぞれ示している。

【0021】

この図5及び先に説明した図1から分かるように、従来の透過窓材として利用される厚み $500\mu\text{m}$ のベリリウムに相当するX線透過率を得るためには、シリコン箔の厚みは、約 $8\mu\text{m}$ である。シリコン箔の厚みは $3\mu\text{m}$ 以上あれば真空密閉容器の封止を兼ねた透過窓材として使用可能であり、その場合のX線透過率は厚み約 $200\mu\text{m}$ のベリリウムに相当する。なお、シリコン箔のX線透過率はベリリウムとは異なり、 0.5keV から 1.84keV の間に特徴的なピークを有する。この領域のX線は非常に空気に吸収されやすいため、イオンを大量に発生しながらすぐに減衰してしまうためX線の到達距離も短く、人体に対する安全性も高い利点がある。これは、ベリリウムには無い特徴であって、当該X線管（透過窓材としてシリコン箔を利用したX線管）を除電用途に用いた場合、上記特許文献1にも記載されたような効果を高効率で達成することが可能になる。

【0022】

また、透過窓材としてシリコン箔を管電圧数十 kV 以上のX線管に適用する場合には、該シリコン箔によるX線エネルギーの減衰はほとんどベリリウムと変わらなくなるため、該ベリリウムに換わる透過窓材として全く問題なく適用可能である。

【0023】

また、通常を除電用軟X線管における透過窓材として、管電圧 10kV 程度のX線管にこのシリコン箔が適用されると、従来は放出されなかった 1.84keV 以下の軟X線までも出力されるため、このように透過窓材を取り替えるだけで特にX線管近傍においての発生イオン量が増大し、除電効果を著しく向上させることができる。

【0024】

特に、管電圧を $4\sim 6\text{kV}$ 程度まで下げて動作させる場合、シリコン箔自体のX線吸収端特性がX線フィルタの役割を果たすため、白色成分のほとんど無い単色X線を容易に得ることができる。このとき、X線ターゲット141の材質としては、タングステン（M線：約 1.8keV ）やアルミニウム（K線：約 1.49keV ）等が適しており、シリコン箔自体（K線：約 1.74keV ）をX線ターゲットとして動作させても単色X線を容易に得ることができる。

【0025】

なお、このX線ターゲット141の材質は上記に限られることは無く、 1.84keV 以下の特性X線を発生するX線ターゲットであれば使用可能である。また、シリコン箔の厚みは $30\mu\text{m}$ 以下の厚みであれば 1.8keV 付近のX線は 10% 以上が透過するため、実用可能である。さらに、加速電圧が 10kV 以上であるX線管に使用される場合、透過窓材としてより厚いシリコン箔を利用しても問題ない。


【0026】

（第2実施形態）

次に、この発明に係るX線管における第2実施形態について説明する。図6は、この発明に係るX線管の第2実施形態として、透過型X線管200の構成を示す組立工程図である。また、図7は、図6中のII-II線に沿った、第2実施形態に係る透過型X線管200の断面構造を示す図である。

【0027】

この第2実施形態に係るX線管200において、密閉容器は、透過窓を規定するための



開口202を有する容器本体（アルカリ含有ガラス容器）201と、該開口202を塞ぐように領域202aに貼り付けられたシリコン箔240と、軸AXに沿って容器本体201に取り付けられるガラスステム203によって構成される。シリコン箔240は、アルカリ含有ガラス容器である容器本体201の領域202aに、陽極接合により直接接触した状態で貼り付けられる。また、ガラスステム203には、容器本体201、シリコン箔240及びガラスステム203により構成された密閉容器を真空引きして、真空密閉容器にするためのバルブ204が設けられており、容器本体201内に収納されるよう、電子源210、集束電極211及びガス吸着材212がステムピン213を介して取り付けられている。開口202周辺に位置する容器本体201の内壁には、電子ビームが直接に前記内壁に当たることによる内壁の帯電防止と電子ビームをシリコン箔240に集束させるための電子レンズを形成するため、例えばステンレスなどの金属板からなる保護電極214が設置されている。なお、この保護電極214は、アルミニウムやクロムなどの蒸着により形成されてもよいが、蒸着の場合の形成は容易であるが、膜厚が薄いために導通不良となることがあるので、該保護電極214の電位が確実に透過窓となるシリコン箔240と同一にするためには金属板を利用する方が好ましい。また、密閉容器の一部が金属フランジ120で構成された第1実施形態では、該金属フランジ120自体が上記保護電極と同様に機能し得るため、この第2実施形態のような保護電極は不要である。

【0028】

この第2実施形態においても、容器本体201に直接接触した状態で貼り付けられたシリコン箔240の、真空密閉容器内に面する側の面、より詳しくはシリコン箔240の、開口202を実質的に覆っている部分の真空密閉容器内に面する側の面には、X線ターゲット241が蒸着されている。この蒸着されたX線ターゲット241の一部が保護電極214と電気的に接続されることによって、保護電極214、シリコン箔240、X線ターゲット241は同電位になる。ただし、真空密閉容器内に位置する側の開口202の角への蒸着がうまくいかない場合もあるので、保護電極214を、シリコン箔240又はX線ターゲット241に導電性材料を介して電気的に接続してもよい。例えば、この第2実施形態に係るX線管を、X線ターゲット241側をGND電位に設定して使用する場合には、保護電極214又はシリコン箔240が導電性材料を介して接地されればよい。なお、X線ターゲット241と保護電極214が共通の材料で構成される場合は、両者を蒸着により一緒に形成することも可能である。また、電子源210は、従来のフィラメント等の熱陰極型電子源に限らず、当該X線管自体を小型化する場合にはカーボンナノチューブ電子源等の冷陰極型電子源も適用可能である。

【0029】

この第2実施形態に係る透過型X線管200に適用されるシリコン箔240は、 $30\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $10\mu\text{m}$ 以下の厚みを有する。このように、シリコン箔240は、非常に薄いので、密閉容器に設けられた開口（第2実施形態では、容器本体201の開口202に相当）の面積が大き過ぎるとクラックが生じてしまう可能性がある。そこで、この第2実施形態でも、例えば図4（b）に示されたように、容器本体201は、それぞれが透過窓に相当する複数の貫通孔を有してもよい。

【0030】

以上のように、この第2実施形態では、密閉容器やシリコン箔240の貼り付け方法が第1実施形態とは異なる。なお、陽極接合の場合、予め薄膜化されたシリコン箔240と容器本体201とを直接接合する場合だけでなく、厚いシリコンを容器本体201に接合した後に化学エッチングや機械研磨などで薄膜化しても製作が可能である。例えば、安価な $200\sim 400\mu\text{m}$ 厚のシリコンウエハで陽極接合により封止した後に化学エッチングまたは機械研磨により $3\sim 10\mu\text{m}$ 厚にすればよい。また、さらに安価なX線管の製造及び供給が可能になる。なお、陽極接合の際に用いるガラス部材にはアルカリを多く含むホウケイ酸ガラス（コパルガラス）やバイレックス（登録商標）ガラスが一般的には多く使われる。

【0031】

(第3実施形態)

次に、この発明に係るX線管における第3実施形態について説明する。図8は、この発明に係るX線管の第3実施形態として、反射型X線管300の構成を示す図である。

【0032】

この第3実施形態に係るX線管300は、開口302を備えた容器本体301を備える。この容器本体301の開口302には、透過窓を規定するための開口321を有する金属フランジ320が取り付けられており、該金属フランジ320には、開口321を塞ぐようにシリコン箔340がロウ付けにより直接接触した状態で貼り付けられている。なお、金属フランジ320、金属リング330、ロウ材350、押さえ電極360を使用したシリコン箔340による透過窓封止の詳細は、上述の第1実施形態における金属フランジ120、金属リング130、ロウ材150、押さえ電極160を使用したシリコン箔140による透過窓封止と同一であり、重複する説明は省略する。また、この第3実施形態に係るX線管は、反射型X線管であるので、X線ターゲット341はX線ターゲット支持体370に固定されている。

【0033】

また、容器本体301内には、ステムピン313を介して所定位置に保持された電子源310、集束電極311が設けられている。

【0034】

ところで、上述の第1実施形態や第2実施形態のように、透過窓材であるシリコン箔140、240にX線ターゲット141、241が蒸着された場合には、該X線ターゲットの発熱が問題となる場合があり得る。従来から利用されてきたベリリウムに比べシリコンの熱伝導率は多少落ちるため、ターゲットライフの劣化が予想され得るからである。しかしながら、この第3実施形態に係る反射型X線管300の場合、X線ターゲット341は、X線ターゲット支持体370に固定され、シリコン箔340とは非接触であるので、透過窓材としてシリコン箔が適用されることによるターゲットライフへの影響はない。

【0035】

上述のように、第1～第3実施形態に係るX線管100～300において、透過窓材であるシリコン箔は、密閉容器の一部に直接接触した状態で該密閉容器に貼り付けられる。このようにシリコン箔を密閉容器に直接貼り付けるのは、より均一な張力をシリコン箔全体に生じさせるためである。すなわち、これら密閉容器とシリコン箔の間にロウ材などが介在すると、ロウ材表面の凹凸等により非常に薄いシリコン箔に歪みが生じたり、さらにはクラックが生じる可能性があるためである。

【0036】

また、上述のようにシリコン箔と密閉容器との接着には、例えばロウ付けと陽極接合とがあるが、主に、金属材料とシリコン箔との接着にはロウ付けが行われ、アルカリ含有ガラスとシリコン箔との接着には陽極接合が行われる。また、ともに熱可塑性接着剤による接合も可能である。以下に、ロウ付けと陽極接合について説明する。

【0037】

(ロウ付け)


まず、図9(a)は、金属材料にシリコン箔を貼り付けるロウ付けを説明するための図であり、具体的な構成として、図2に示された第1実施形態において、2mmφの開口121を有する金属フランジ120に厚み10μmのシリコン箔140を貼り付けるロウ付けについて説明する。

【0038】

ロウ材150としては品番・TB-629(化学成分: Ag61.5、Cu24、In14.5、熔融温度620～710℃、板厚0.1mm)を、金属フランジ120及び押さえ電極160としてはステンレスSUS304(板厚0.1mm)を用意した。

【0039】

まず、各材料を所定の大きさにカットする。この際の寸法の制限としてシリコン箔140は、金属フランジ120の開口121より大きく、金属フランジ120の外縁よりも小



さい必要がある。また、ロウ材150の開口151は、シリコン箔140よりも小さい一方、その外縁は、ロウ材150が溶融した際に、少なくとも該ロウ材150の一部がシリコン箔140の外周を囲む、金属フランジ120の部分まで達して、シリコン箔140による封止を可能にする大きさである必要がある。よって、ロウ材150の外縁はシリコン箔140の外縁よりも大きくするのが好ましい。ロウ材150と押さえ電極160は同じ外径でよい。なお、具体的な寸法として、金属フランジ120の開口121は2mmφである。シリコン箔140の厚みは10μmでその形状は6mm角である。ロウ材150及び押さえ電極160は、それぞれ外径13mmφ、内径4mmφのリング形状である。この際、シリコン箔140の形状は、上記サイズ条件（金属フランジ120における開口121より大きく、金属フランジ120の外縁よりも小さい）を満たせばその形状は任意でよい。

【0040】

次に、金属フランジ120の開口121の角に、開口121形成時のバリがある場合には、各種機械研磨や電解研磨処理により完全に取り除く必要がある。また、特にシリコン箔140がある側の開口121の角において、さらにその角を曲面加工してエッジを落とすと、シリコン箔140がより破損しにくくなるので好ましい。その後、金属フランジ120及び押さえ電極160を真空中において880℃で加熱し、ガス出し及び歪取りが行われる。その後、ロウ材150が接触する部分（金属フランジ120、シリコン箔140、押さえ電極160）に例えば厚み200nmの銅を真空蒸着するのが好ましい。これによりロウ材150が各材料に良くなじむようになる。また、銅に限らず、ニッケルやチタンが薄く真空蒸着された場合においても同じ効果が得られる。

【0041】

続いて、これらの部材を作業台上にセットする。セットする順番は下面から、金属フランジ120、シリコン箔140、ロウ材150、押さえ電極160の順で、さらに、該押さえ電極160の上に加熱時の位置ずれ防止用治具170（材質：SUS304、外径12mm×内径6mm×高さ20mm）をセットする（図9（a））。この際、中心ずれ（図2中の軸AXからのずれ）が起きないように注意する必要がある、必要に応じてシリコン箔140及びロウ材150を挟み込むように、ロウ材150を介して、押さえ電極160と金属フランジ120とを周辺部で軽くスポット溶接してもその後のロウ付けは問題ない。または、中心合わせ用の金属リング130（材質SUS304）を押さえ電極160及びロウ材150の外周にセットしてもよい。

【0042】

その後、真空加熱炉においてロウ材150を溶かすための加熱処理が行われる。このロウ付け条件は、(1)90分間かけて室温から680℃まで加熱、(2)その温度を5分間保持し、(3)加熱を止めることにより2分間で560℃まで冷却、そして、(4)金属フランジ120を電気炉の外に出し2時間かけて300℃まで冷却する。その後、真空加熱炉内部を乾燥窒素で真空リークすることにより急冷し室温付近まで冷却して取り出す。最後に、ヘリウムリークディテクタで真空リークのチェックを行い、リークが無いことを確認し作業を終了する。

【0043】

（陽極接合）

図9（b）は、ガラス材料にシリコン箔を貼り付ける陽極接合を説明するための図であり、具体的な構成として、図6に示された第2実施形態において、3mmφの開口202を有するガラス容器本体201に厚み10μmのシリコン箔240を貼り付ける陽極接合について説明する。

【0044】

密閉容器に真空気密性を持たせるため、シリコン箔240の厚みは真空封止が可能な範囲の厚さが必要であるが、なるべく薄い方がX線透過率の点からは有利になる。厚みは3μm程度以上あれば真空密閉容器の封止を兼ねた透過窓として使用可能であるが、この例では、扱いやすさを優先して厚み10μmのシリコン箔240を用意した。この例におい

ては、シリコン箔 240 は機械研磨により厚みを $10\ \mu\text{m}$ にした。これはエッチングにより作成したシリコン箔であっても使用に際して何ら支障はない。

【0045】

また、この陽極接合に利用されるガラスは、ガラス中にアルカリイオンが含まれている必要がある。陽極接合は、ガラスを加熱しながら電圧を印加することにより、該ガラス内のアルカリイオンを移動させ接合する方式だからである。さらに、ガラスに要求される条件としては、シリコンと近い熱膨張係数を有するのが好ましい。熱膨張係数があまり異なると、接合はできても、接合後に冷却した際にシリコン箔が破れてしまうためである。これらの条件を満たすガラスとしては、パイレックスガラスやホウケイ酸ガラスがある。この例では、入手性、接合後の電子管への組みやすさ及び加工の容易さの点からホウケイ酸ガラスが利用されている。なお、ホウケイ酸ガラスの厚みは、真空管として真空気密が維持できればよいので、 1mm とした。

【0046】

まず、X線管の透過窓を有する面板となるガラス容器 201 の上部中心部 202a に直径 3mm の穴 202 を開ける。この開口 202 は超音波加工などにより容易に開けることができる。穴あけ加工後は、開口 202 周辺のバリや欠けを機械加工研磨により修正し、なるべく均一な円形状に表面処理する。その際、特にシリコン箔 240 がある側の開口 202 の角の部分の部分を曲面に加工すれば、より好ましい。その後、このガラス容器 201 の表面を脱脂洗浄する。続いて、シリコン箔 240 を 7mm 角程度にカットする。このシリコン箔 240 のサイズは、ガラス容器 201 における開口 202 より大きく、ガラス容器 201 の外縁よりも小さければよく、形状などに制限はない。

【0047】

次に、 400°C 程度まで加熱可能なホットプレート 250 を準備し、その上にグランド電位となる厚み 1mm のアルミ板 260 をセットする。このアルミ板 260 の上に開口 202 を有するガラス容器 201 を置き、該開口 202 を覆うようにシリコン箔 240 をセットする。その上から金属製の重し 270 (SUS304、直径 7mm 、高さ 40mm) をセットする。この重し 270 には $500\text{V}\sim 1000\text{V}$ の電圧を印加するための線が取り付けられている。

【0048】

上述のように各部材をセットした後、ホットプレート 250 を 400°C まで加熱する。その結果、ホットプレート 250 上のグランド電位に設定されたアルミ板 260、ガラス容器本体 201 及びシリコン箔 240 が 350°C 以上に加熱される。この加熱状態でシリコン箔 240 上に置かれた重し 270 に $+500\text{V}$ 程度の電圧を印加すると、シリコン箔 240 及びガラス容器本体 201 を介して重し 270 からアルミ板 260 に数 mA の電流が流れる。この電流はすぐに減衰し、数分後には数十 μA 以下になるので、そこでこの陽極接合は終了する。陽極接合が終了すると、ホットプレート 250 をオフにし、すぐに室温まで急冷してもシリコン箔 240 にはクラック等は発生しない。なお、この例における加熱作業は大気中で行われているが、真空中で行われる方が、接合部における泡の発生が抑制されるため、真空リークの危険は減る。また、シリコン箔 240 とガラス容器本体 201 とは、ガラス容器本体 201 の内部で接合してもよく、その場合、重し 270 に印加される電圧は逆に設定される (-500V が印加される)。

【0049】

最後に、ヘリウムリークディテクタで真空リークのチェックを行い、リークが無いことを確認する。そして、シリコン箔 240 内面に X線ターゲット 241 を真空蒸着し、電子源 210、集束電極 211、保護電極 214 と組み合わせて X線管内に組み込めば、シリコン箔を透過窓材とした X線管が得られる。

【0050】

なお、以上の陽極接合は、先に説明したロウ付けに比べ工程数を大きく低減することができ、X線管の製造原価をより低減することを可能にする。

【0051】

次に、透過窓材として厚み $10\ \mu\text{m}$ のシリコン箔が適用された X 線管の X 線スペクトルと、比較のため用意された厚み $10\ \mu\text{m}$ のベリリウムが適用された X 線管の X 線スペクトルを図 10 に示す。なお、図 10 (a) は、X 線ターゲットとして厚み $800\ \text{nm}$ のアルミニウムが適用されており、シリコン箔及びベリリウムが適用された各 X 線管の管電圧は $4\ \text{kV}$ である。この図 10 (a) において、グラフ G1010a は、ベリリウムが透過窓材として適用された X 線管の X 線スペクトルであり、グラフ G1020a はシリコン箔が透過窓材として適用された X 線管の X 線スペクトルである。一方、図 10 (b) は、X 線ターゲットとして厚み $200\ \text{nm}$ のタングステンが適用されており、シリコン箔及びベリリウムが適用された各 X 線管の管電圧は $4\ \text{kV}$ である。この図 10 (b) において、グラフ G1010b は、ベリリウムが透過窓材として適用された X 線管の X 線スペクトルであり、グラフ G1020b はシリコン箔が透過窓材として適用された X 線管の X 線スペクトルである。

【0052】

これら図 10 (a) 及び図 10 (b) から分かるように、透過窓材としてシリコン箔が適用された X 線管は、該シリコンの X 線透過特性がそのまま X 線フィルタの役割を果たすため、 $2\ \text{keV} \sim 4\ \text{keV}$ の X 線が当該シリコン透過窓により吸収され、その出力スペクトルは $1.5\ \text{keV}$ 付近のみが抜き出された形になっている。つまり、従来のベリリウム透過窓に比べ、人体に影響の大きい不要な高エネルギー X 線をカットし、イオンガス発生に適した X 線を選択的に取り出すことができる。なお、この測定は、X 線管の透過窓（出力窓）と X 線検出器との間隔が $10\ \text{mm}$ に設定した状態で行われたが、この距離を $100\ \text{mm}$ 以上にすると大気による吸収（イオン化）のため X 線は減衰してしまい検出できなくなる。

【0053】

また、アルミニウムの特性 X 線 ($1.48\ \text{keV}$) も高効率で大気中に取り出すことが可能になるため、例えばアルミニウムやマグネシウムの特性 X 線で励起する蛍光 X 線分析装置に使用されていた X 線管を封じ切りタイプにすることが可能になり、従来装置の小型化に貢献し得る。

【産業上の利用可能性】

【0054】

この発明は、上述のように特定化学物質に指定されている有害なベリリウムに換え、シリコン箔を透過窓材に利用しているので、人体に安全かつ低価格の X 線管が得られる。このような X 線管は、軟 X 線管のみならず管電圧数十 kV 以上の X 線管としても利用可能であり、除電装置など多くの電子機器に組み込み可能である。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図 1】シリコンとベリリウムの X 線透過率をそれぞれ示すグラフである。

【図 2】この発明に係る X 線管の第 1 実施形態として、透過型 X 線管の構成を示す組立工程図である。

【図 3】図 2 中の I-I 線に沿った、第 1 実施形態に係る X 線管の断面構造を示す図である。

【図 4】透過窓を規定するための容器開口の種々の構造を説明するための平面図である。

【図 5】膜厚の異なる種々のシリコン箔の X 線透過率を示す図である。

【図 6】この発明に係る X 線管の第 2 実施形態として、透過型 X 線管の構成を示す組立工程図である。

【図 7】図 6 中の II-II 線に沿った、第 2 実施形態に係る X 線管の断面構造を示す図である。

【図 8】この発明に係る X 線管の第 3 実施形態として、反射型 X 線管の断面構造を示す図である。

【図 9】密閉容器の一部にシリコン箔を接着する方法を説明するための図である。

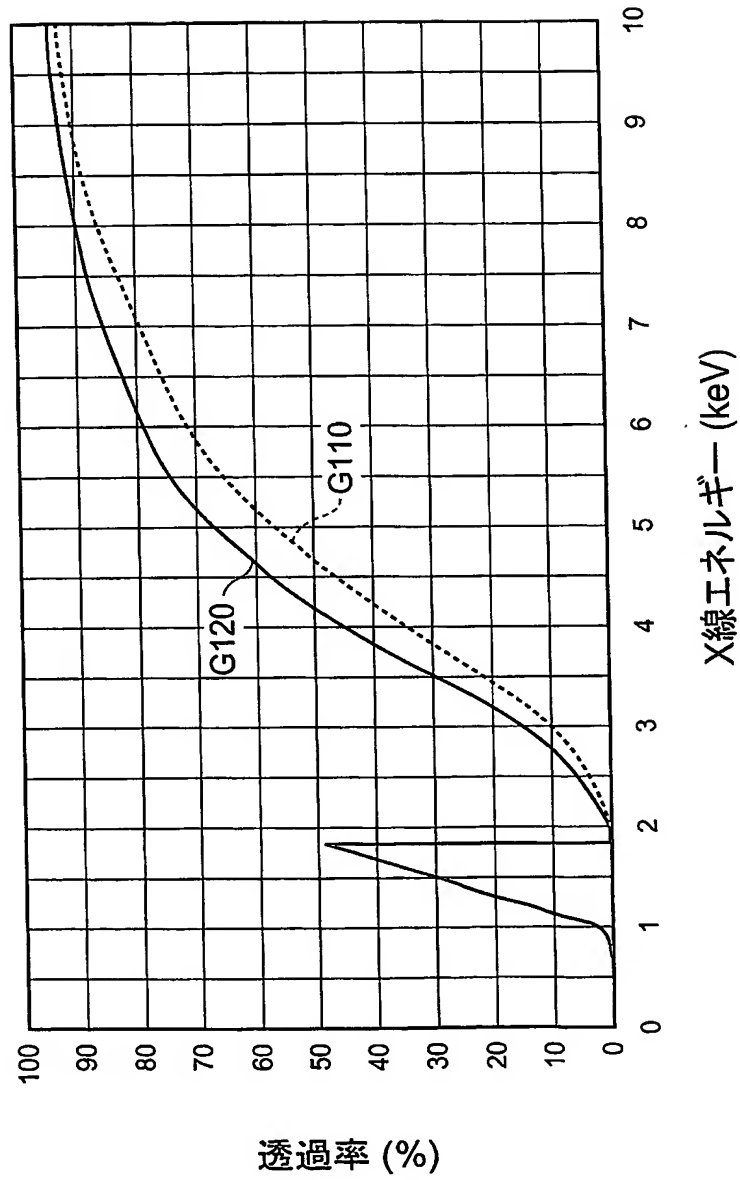
【図 1 0】透過窓材として、ベリリウムとシリコンが適用された X 線管により得られた X 線スペクトルである。

【符号の説明】

【 0 0 5 6 】

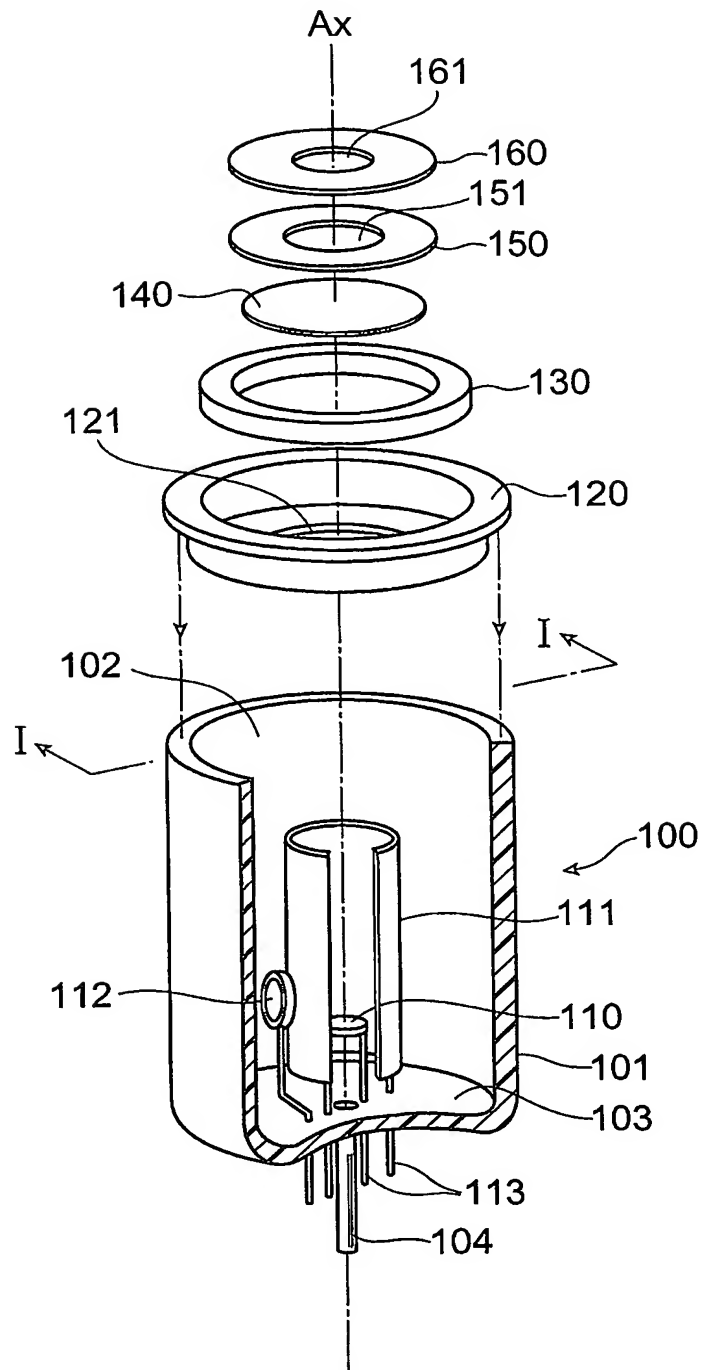
- 1 0 0、2 0 0…透過型 X 線管
- 1 0 1、2 0 1、3 0 1…容器本体
- 1 1 0、2 1 0、3 1 0…電子源
- 1 1 1、2 1 1、3 1 1…集束電極
- 1 4 0、2 4 0、3 4 0…シリコン箔
- 1 4 1、2 4 1、3 4 1…X 線ターゲット
- 3 0 0…反射型 X 線管
- 3 7 0…X 線ターゲット支持体。

【書類名】 図面
【図 1】



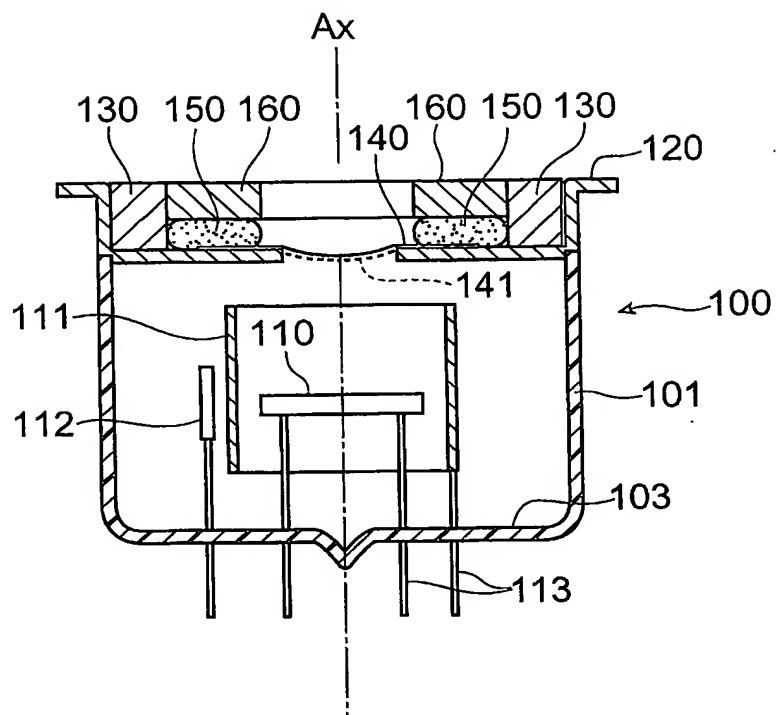


【図 2】



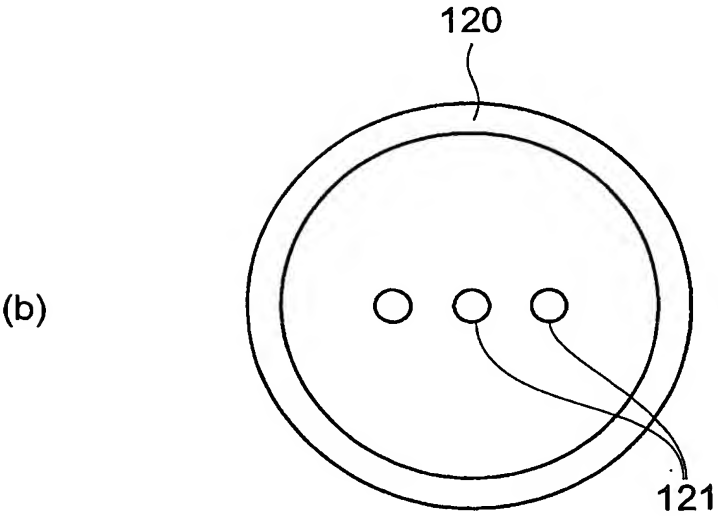
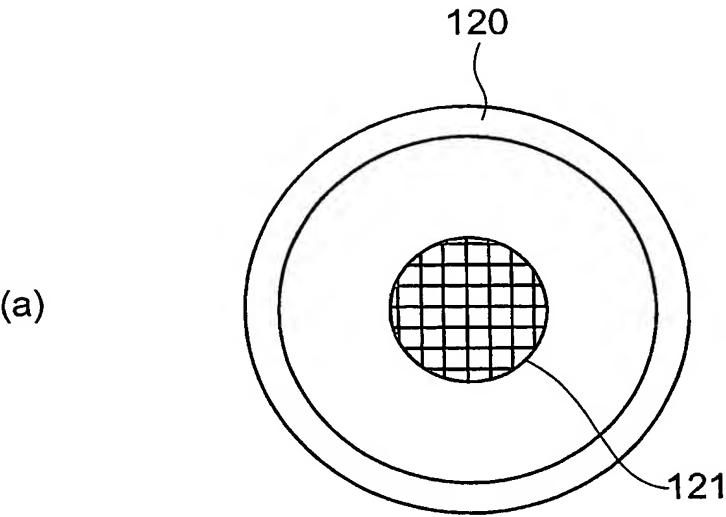
D

【図 3】



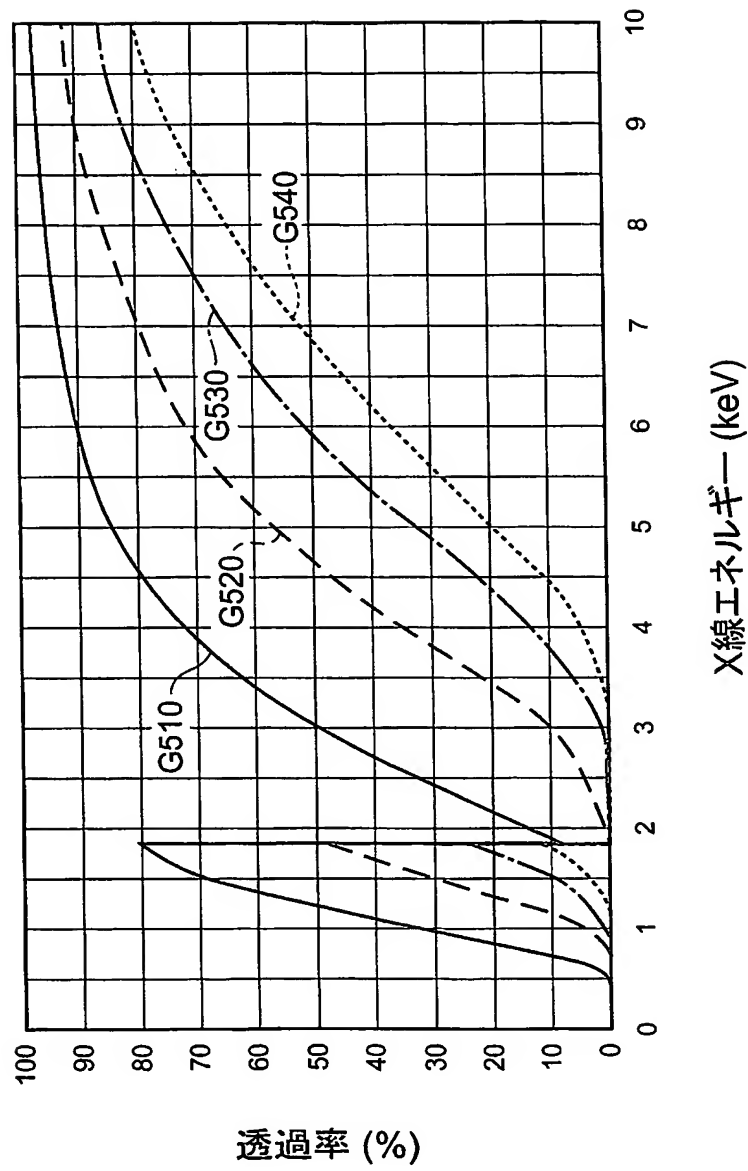


【図 4】



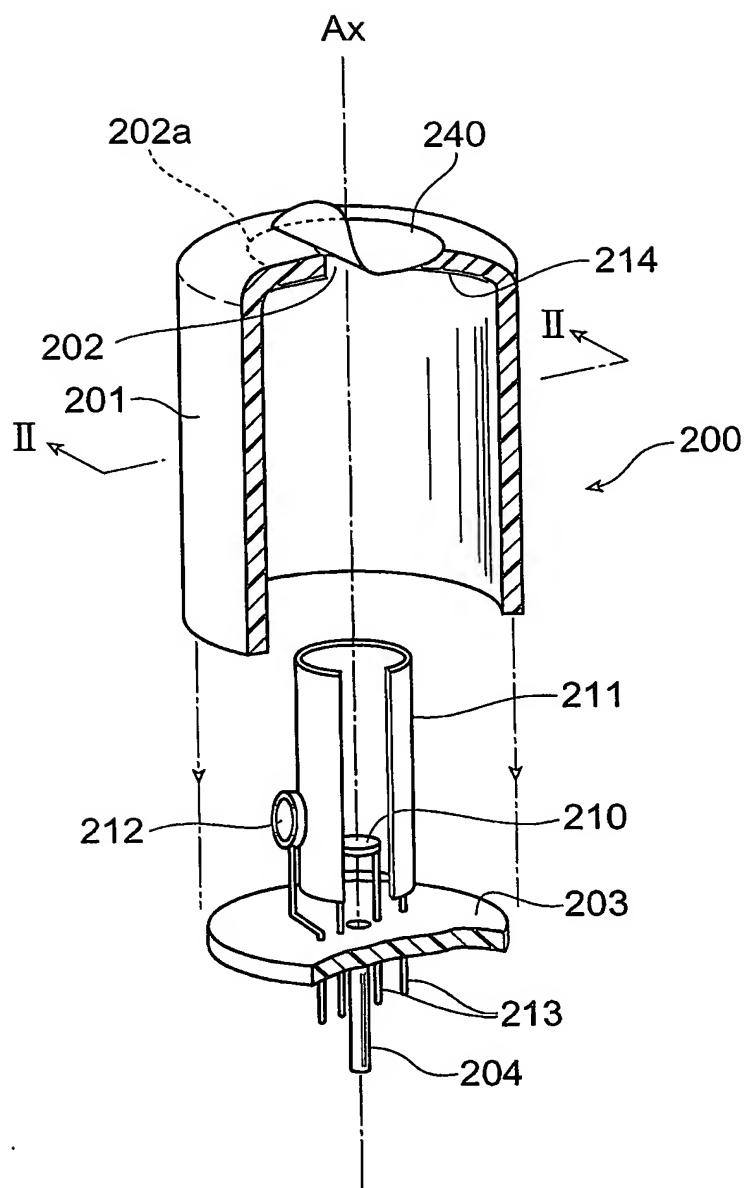


【図 5】



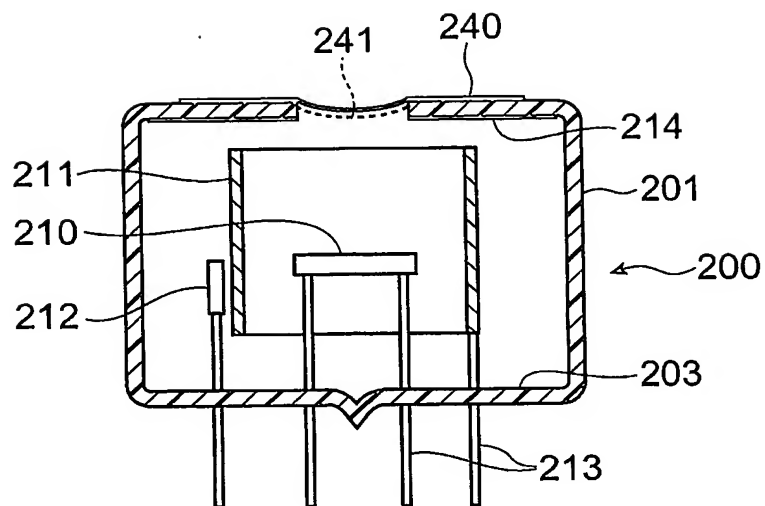


【図 6】



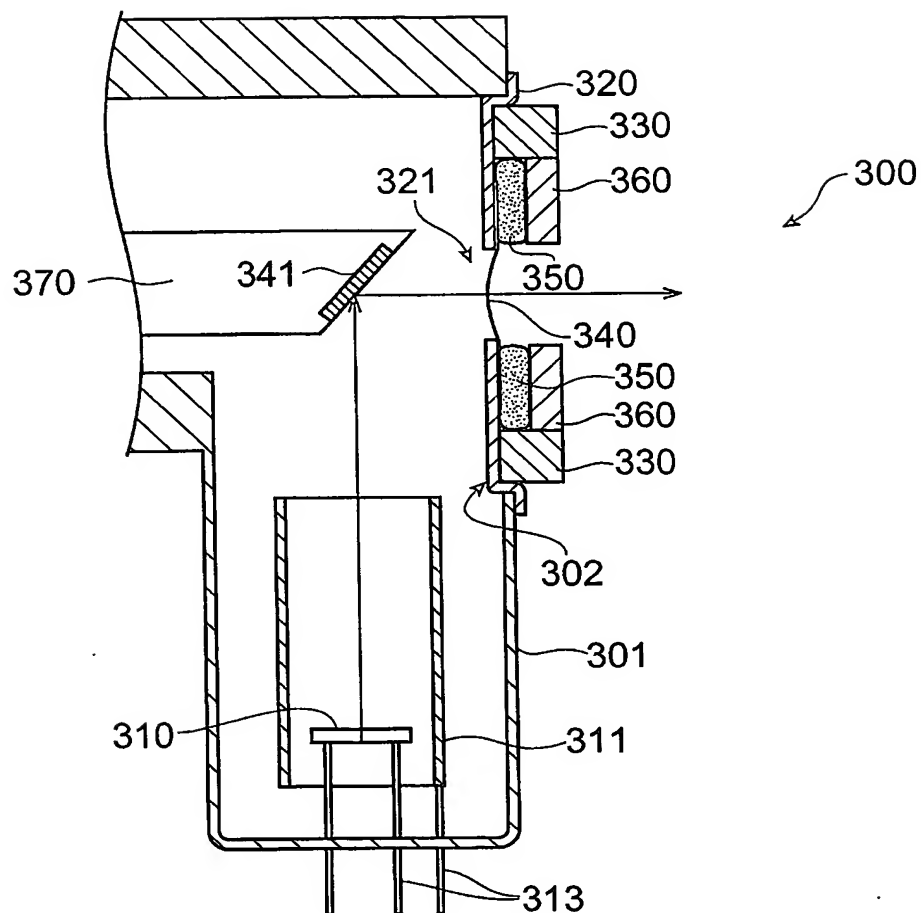


【図 7】



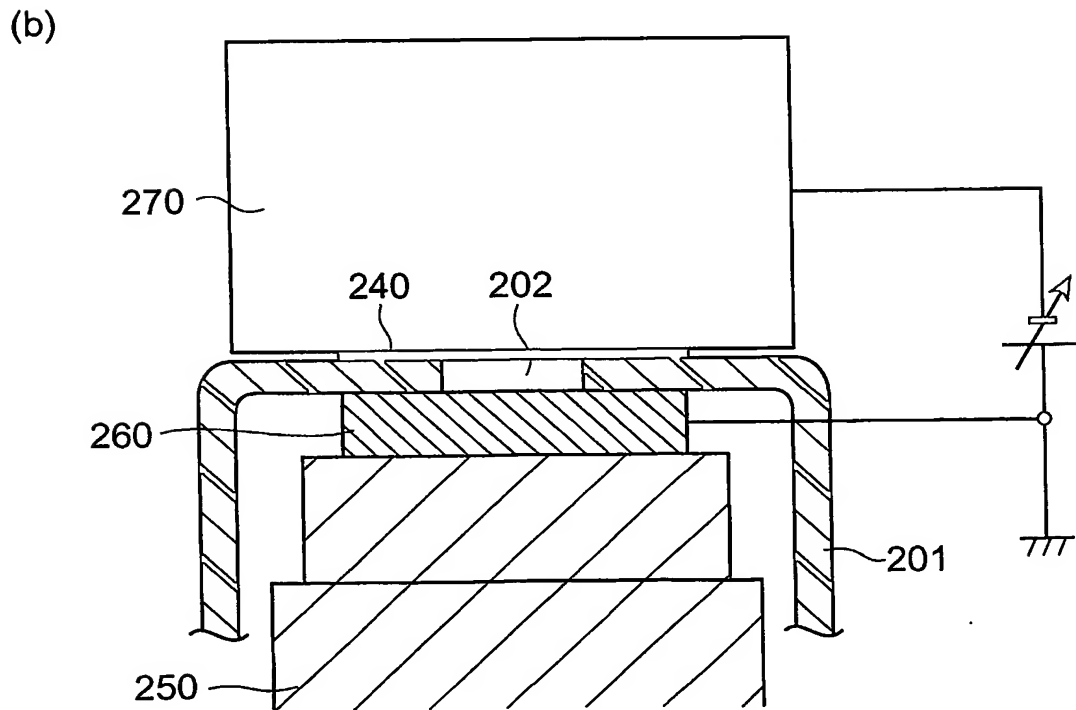
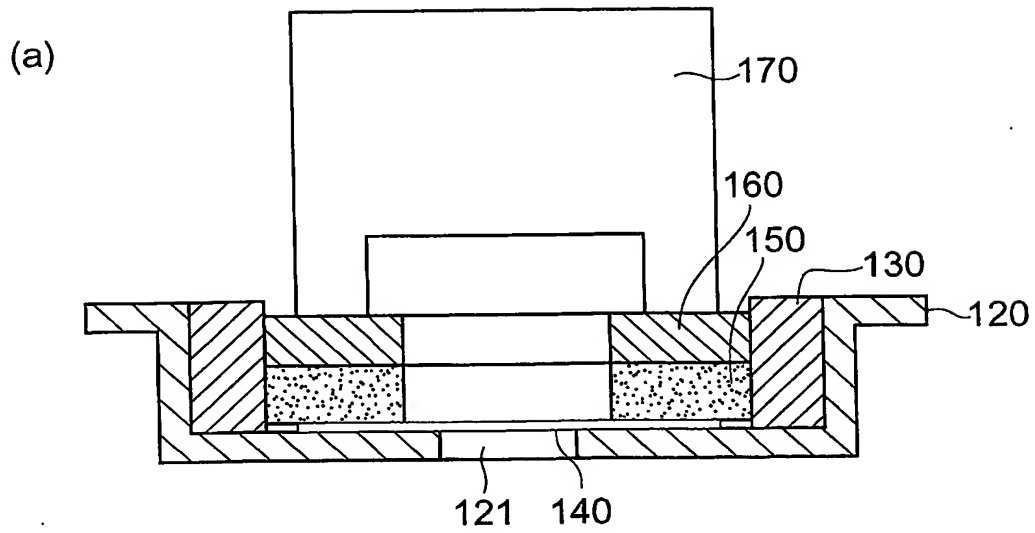


【図 8】



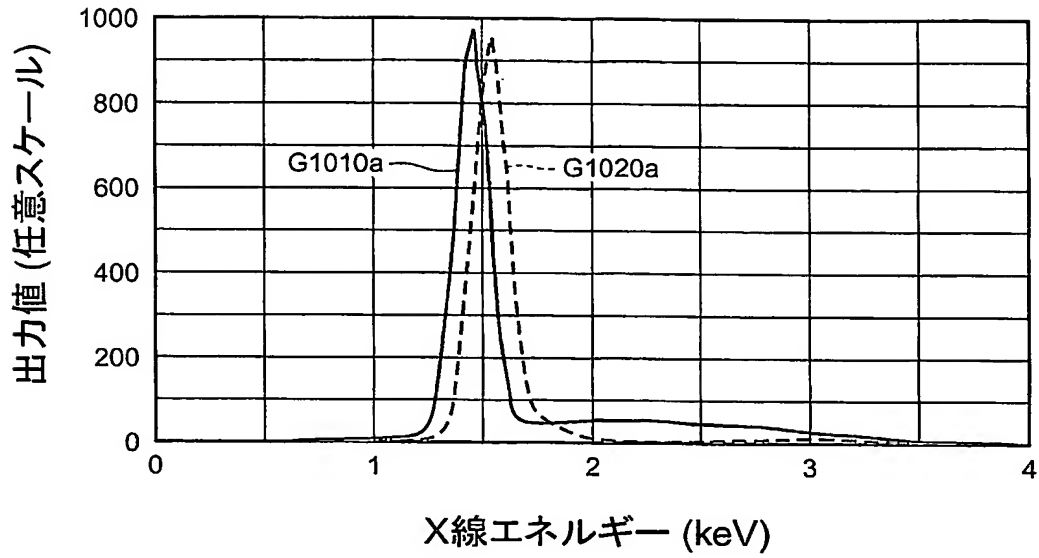


【図 9】

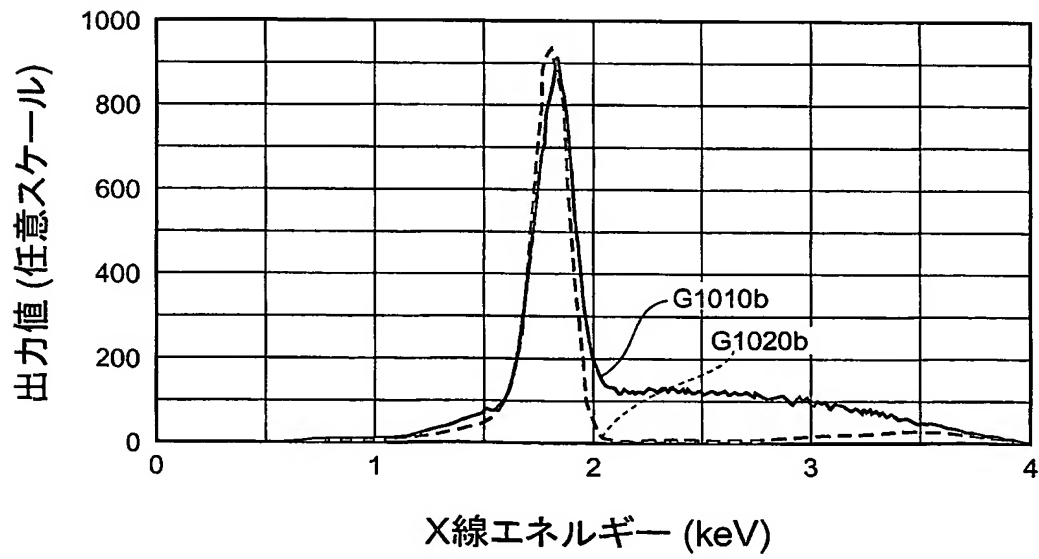



【図 10】

(a)



(b)





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 人体に対して安全性の高い X 線が効率よく取り出せる構造を備えた X 線管を提供する。

【解決手段】 容器本体(101)、金属フランジ(120)及びシリコン箔(140)により密閉容器が構成され、該金属フランジ(120)には透過窓を規定するための開口(121)が設けられている。また、密閉容器内には、電子を放出する電子源(110)と、放出された電子を受けて X 線を発生する X 線ターゲット(141)が配置されており、シリコン箔(140)は、開口(121)を覆った状態で密閉容器の一部に直接貼り付けられている。

【選択図】 図 2



特願 2 0 0 3 - 3 2 3 5 3 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 2 3 6 4 3 6]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1
氏 名	浜松ホトニクス株式会社